

Com a colaboração de:



**QUAL A ESPESSURA IDEAL DE ACETATO-VINILO DE ETILENO PARA A
CONFEÇÃO DE PROTETORES BUCAIS? - ENSAIO DE TESTES
MECÂNICOS.**

Dissertação apresentada com vista à obtenção
do grau de Mestre em Medicina Dentária da
Faculdade de Medicina Dentária da
Universidade do Porto

Orientador:

Professor Doutor Mário Ramalho de Vasconcelos

Coorientador:

Mestre Miguel Pais Clemente

Helder Rafael Alves Pimenta

Porto, 2018

Autor:

Helder Rafael Alves Pimenta

Aluno do 5º Ano do Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade de
Medicina Dentária da Universidade do Porto

Orientador:

Prof. Doutor Mário Ramalho de Vasconcelos

Professor Associado com Agregação da Faculdade de Medicina Dentária da
Universidade do Porto

Coorientador:

Doutor Miguel Pais Clemente

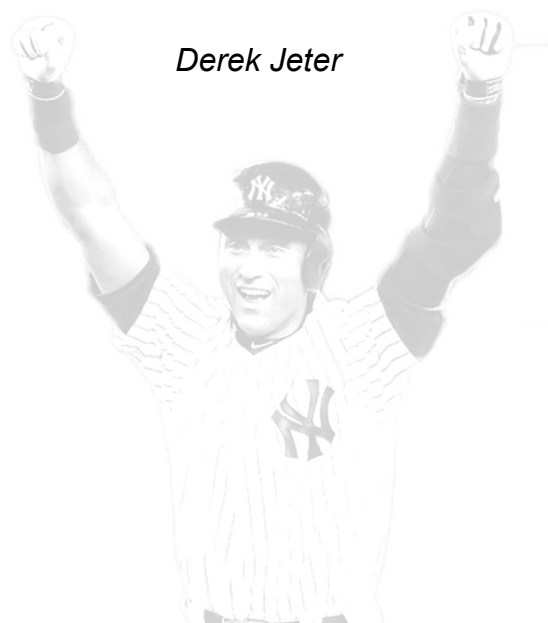
Estudante de Doutoramento da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do
Porto

Pimenta, H.R.A. (2018). *Qual a espessura ideal de acetato-vinilo de etileno para a confeção de protetores bucais? – Ensaio de testes mecânicos*. Porto H.R.A. Pimenta. Dissertação de mestrado para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária, apresentada à faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.

PALAVRAS-CHAVE: PROTETORES BUCAIS; ACETATO-VINILO DE ETILENO; PLACAS TERMOMOLDÁVEIS.

“There may be people who have more talent than you, but there’s no excuse for anyone to work harder than you do.”

Derek Jeter



Agradecimentos

Porque quando iniciei esta tarefa, não tinha a percepção exata da “tormenta” que se aproximava, quero agradecer a todos aqueles que pela sua colaboração ajudaram a levar a bom porto tão laboriosa “Nau”.

Ao meu orientador, Professor Doutor Mário Ramalho Vasconcelos, pela confiança que depositou em mim, pelas opiniões e críticas, paciência e por todo o apoio demonstrado. Foi sem dúvida uma grande motivação e um privilégio enorme ter trabalhado com uma personalidade com tamanha riqueza e experiência profissional na área da investigação.

Ao meu coorientador, Doutor Miguel Pais Clemente, pela competente supervisão e incondicional apoio nos contratempos e nas frustrações, sendo também um ponto de ligação fulcral com todos os intervenientes desta investigação, essencial na elaboração deste trabalho.

Um especial agradecimento à minha família, principalmente aos meus pais e irmãos, pelos valores em mim inculcados, oportunidades e caminho que ajudaram a traçar tanto a nível curricular como pessoal.

Ao Doutor Daniel Ferreira, demonstro o meu obrigado por todas as amostras concedidas, pelo seu tempo e pelo trabalho de excelência que cedeu. Sem si nada do que foi feito seria possível.

Ao Professor Doutor Joaquim Gabriel Mendes, por me receber de braços abertos na FEUP e integrar-me em conceitos com os quais não estava familiarizado, sem esquecer o Engenheiro Miguel Figueiredo, o Engenheiro Ricardo Carbas e todos os demais técnicos pelo total apoio na realização e interpretação dos testes mecânicos.

Aos meus colegas e amigos, que estiveram ao meu lado não só durante esta fase, mas em todo o restante percurso, pela amizade, companheirismo, alegria e apoio em certos momentos difíceis.

À Inês Cardoso, por colorires a minha vida, por estares lá nos momentos mais difíceis e por me proporcionares as maiores alegrias.

***“O começo é mais do que a metade do todo.
Porque começar é o mais difícil”***

Horácio

Índice Geral

Agradecimentos	v
Índice Geral	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Gráficos.....	xi
Índice de Tabelas	xiii
Resumo	xv
Abstract	xvii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Traumatismos orofaciais	3
1.2. Protetores Bucais	3
CAPÍTULO II	7
2. METODOLOGIA.....	9
2.1. Amostras	9
2.2. Testes.....	13
2.2.1. Teste de Impacto	13
2.2.2. Teste de Dureza	15
2.2.3. Teste de Tração.....	16
2.3. Análise estatística.....	18
CAPÍTULO III	19
3. RESULTADOS.....	21
3.1. Teste de Impacto	21
3.2. Teste de Dureza	34
3.3. Teste de Tração.....	37

CAPÍTULO IV	41
4. DISCUSSÃO	43
CAPÍTULO V	49
5. CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	59

Índice de Figuras

Figura 1 - Máquina Erkoform 3Dmotion® utilizada para a confeção de protetores bucais.....	10
Figura 2 - Ecrã de funções onde se escolhe o programa que se adequa a cada protetor bucal a ser confeccionado. Podem ser selecionados a temperatura e tempo de arrefecimento de cada placa consoante a sua espessura e finalidade.	10
Figura 3 - Programas utilizados na máquina Erkoform 3Dmotion® para a confeção das amostras Erkodent® a) placa EVA 4mm; b) placa EVA 2mm; c) placa rígida 0,8mm.....	11
Figura 4 - Programas utilizados na máquina Erkoform 3Dmotion® para a confeção das amostras Dentaflux® a) placa EVA 4mm; b) placa EVA 2mm; c) placa rígida 0,8mm.....	11
Figura 5 - Programas utilizados na máquina Erkoform 3Dmotion® para a confeção das amostras Ximpact® a) placa EVA 4mm; b) placa EVA 2mm; c) placa rígida 0,8mm.	11
Figura 6 - Processo de termomoldagem Máquina Erkoform 3DMotion®. Neste caso confeção de amostra 4+2mm - Primeira laminação.....	12
Figura 7 - Processo de termomoldagem Máquina Erkoform 3DMotion®. Neste caso confeção de amostra 4+2mm - Segunda laminação.....	12
Figura 8 - Amostras termomoldadas, aspeto final.	12
Figura 9 - Vista geral da máquina Rosand® Instrumented Falling Weight Impact Tester Type 5 - HV.	13
Figura 10 - - Pormenor dos componentes responsáveis pelo impacto e pela obtenção dos valores de força e tempo.	13
Figura 11 - Amostra em posição após impacto.....	14
Figura 12 - Medidor analógico Sauter® HBA 100-0 Shore Hardness Meter Shore A.	15
Figura 13 - Método de avaliação da dureza de Shore A na amostra 4mm Erkodent colorida. ..	16
Figura 14 - Provete cortados para ensaio na máquina de tração.....	17
Figura 15 - – Máquina de Tração Instron® 3367	17
Figura 16 - Máquina de tração em funcionamento.	18
Figura 17 - Máquina de tração em funcionamento, com vista lateral, sendo possível visualizar o provete da Erkodent® 4mm colorido.....	18

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4mm Erkodent.....	21
Gráfico 2 - - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+2mm Erkodent®.....	21
Gráfico 3 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+0,8+2mm Erkodent®.....	22
Gráfico 4 - Gráfico Força vs Tempo na amostra colorida 4mm Erkodent®.....	22
Gráfico 5 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4mm Dentaflux®.....	24
Gráfico 6 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+2mm Dentaflux®.....	24
Gráfico 7 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+0,8+2mm Dentaflux®.....	25
Gráfico 8 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4mm Ximpact®.....	26
Gráfico 9 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+2mm Ximpact®.....	26
Gráfico 10 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+0,8+2mm Ximpact®.....	27
Gráfico 11 - Gráfico Esforço à tração vs Deformação na amostra Erkodent®.....	37
Gráfico 12 - Gráfico Esforço à tração vs Deformação na amostra Erkodent® colorida.....	38
Gráfico 13 - Gráfico Esforço à tração vs Deformação na amostra Dentaflux®.....	39
Gráfico 14 - Gráfico Esforço à tração vs Deformação na amostra Ximpact®.....	40

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estatística descritiva dos valores de tempo de duração de força em amostras Erkodent®	22
Tabela 2 - Estatística descritiva do pico de força de impacto em amostras Erkodent®	23
Tabela 3 - Estatística descritiva dos valores de tempo de duração de força em amostras Dentaflux®	25
Tabela 4 - Estatística descritiva do pico de força de impacto em amostras Dentaflux®	25
Tabela 5 - Estatística descritiva dos valores de tempo de duração de força em amostras Ximpact®	27
Tabela 6 - - Estatística descritiva do pico de força de impacto em amostras Ximpact®	27
Tabela 7 - Comparação do tempo de duração da força nas diferentes amostras da marca Erkodent®	28
Tabela 8 - Comparação do tempo de duração da força nas diferentes amostras da marca Dentaflux®	29
Tabela 9 - Comparação do tempo de duração da força nas diferentes amostras da marca Ximpact®	30
Tabela 10 - Comparação do pico da força de impacto nas diferentes amostras da marca Erkodent®	31
Tabela 11 - Comparação do pico da força de impacto nas diferentes amostras da marca Dentaflux®	32
Tabela 12 - Comparação do pico da força de impacto nas diferentes amostras da marca Ximpact®	33
Tabela 13 - Resultados do teste de dureza nas amostras Erkodent®	34
Tabela 14 - Estatística descritiva dos valores de dureza nas amostras Erkodent®	34
Tabela 15 - Resultados do teste de dureza nas amostras Dentaflux®	35
Tabela 16 - Estatística descritiva dos valores de dureza nas amostras Dentaflux®	35
Tabela 17 - Resultados do teste de dureza nas amostras Ximpact®	36
Tabela 18 -Estatística descritiva dos valores de dureza nas amostras Ximpact®	36

Resumo

Introdução: Os protetores bucais são considerados como a primeira e uma das melhores opções de proteção contra os traumatismos orofaciais na prática desportiva, sendo a sua principal função proteger os dentes no caso de impacto ao amortecer as forças transmitidas a estes e estruturas anexas. O co polímero EVA (acetato-vinilo de etileno) é o material mais usado para a confeção de protetores bucais pelo seu custo reduzido, facilidade de manipulação e propriedades que possui.

Neste sentido, o presente projeto de investigação tem como objetivo identificar qual a espessura ideal de EVA para a confeção de um protetor bucal de maneira a que este possa garantir o máximo de proteção ao utilizador sem descurar a comodidade.

Materiais e Métodos: Para este efeito foram confeccionados provetes circulares com um diâmetro de 120mm de acetato-vinilo de etileno termomoldados incolores e com cor, com diferentes espessuras e laminações de 4mm, de 4+2mm e de 4+0.8+2mm bem como de diferentes marcas comerciais (Erkodent®, Dentaflux® e Ximpact®) de acordo com o que é mais utilizado na confeção de protetores bucais individualizados, submetidos posteriormente a testes de impacto, dureza e tração.

Resultados: Foram obtidos resultados aos testes de dureza e de tração semelhantes aos encontrados na literatura. Os testes de impacto registaram valores mínimos de 2081,958N para uma amostra Erkodent® 4+0,8+2mm.

Conclusão: Concluiu-se que há uma melhoria bastante visível na absorção de impacto na fórmula 4+2mm quando comparada com a de 4mm. A marca comercial que apresentou melhores resultados foi a Erkodent®, contrastando com a Dentaflux® que apresentou os piores resultados. Este estudo demonstrou que talvez não se justifique a utilização de uma camada intermédia dura.

PALAVRAS-CHAVE: PROTETORES BUCAIS; ACETATO-VINILO DE ETILENO; PLACAS TERMOMOLDÁVEIS.

Abstract

Introduction: Mouthguards are considered the first and one of the best options for protection of orofacial trauma in sports practice. One of their main functions, amongst several others, is to protect the teeth from an impact, by absorbing the energy transmitted to them as well as to the surrounding structures. Despite the variety of mouthguards models, the most recommended are the custom-made ones. The co polymer EVA (ethylene vinyl acetate) is the most used material in the production of mouthguards, mainly because of its low cost, ease of handling and good mechanical properties.

Hereupon, the present investigation aims to identify the ideal thickness of EVA to be considered in the production of mouthguards, so that these can guarantee the maximum protection for the user without neglecting the comfort of its use.

Methods: For this purpose, we produced round samples with a diameter of 120mm, constituted by EVA, both with color and colorless, with different thicknesses and laminations of 4mm, 4+2mm, 4+0.8+2mm as well as from different brandmarks (Erkodent®, Dentaflux® e Ximpact®), which were submitted to impact, hardness and traction tests.

Results: The results of hardness and traction tests were similar to those found in the present literature. The impact tests revealed minimum values of 2081,958N for an Erkodent® sample of 4+0,8+2mm.

Conclusion: It was concluded that there is a noticeable improvement in the impact absorption on the formula 4 + 2mm when compared to that of 4mm. The trade mark that presented the best results was Erkodent®, contrasting with Dentaflux® which presented the worst ones. This study demonstrated that the use of a hard-intermediate layer may not be justified.

KEYWORDS: MOUTHGUARDS; ETHYLENE-VINYL ACETATE; THERMOFORMABLE SHEETS.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. Traumatismos orofaciais

A busca por um bem-estar físico e psicológico, juntamente com os benefícios para a saúde que o desporto oferece, faz com que cada vez mais pessoas pratiquem atividades desportivas. Com o aumento da atividade desportiva, há a possibilidade de um maior número de lesões, das quais os traumatismos orofaciais são bastante comuns. Segundo *Glendor et al.* os traumatismos dentários têm uma incidência entre 25 a 30% nos atletas.^(1, 2)

Os traumatismos orofaciais podem ocorrer frequentemente em desportos de contacto. O boxe, rugby, tae-kwon-do, hóquei no gelo, lacrosse, hóquei em patins, hóquei em campo, karaté, basquetebol e futebol americano são exemplos de desportos onde se promove o contacto e por isso têm o risco aumentado para este tipo de traumatismos com as consequentes lesões.⁽³⁻⁸⁾

O traumatismo orofacial representa uma grande parte das lesões decorrentes da prática desportiva, situação esta que deve originar uma preocupação crescente por parte dos atletas na sua prevenção. Neste sentido, surgem os protetores bucais que são considerados como a primeira e uma das melhores opções de proteção em relação à ocorrência dos traumatismos orofaciais, que podem provocar lesões ao nível dentário causadas por forças de impacto, levando nos casos mais graves a problemas funcionais, estéticos e psicológicos.^(3, 4, 6, 9) Muitos autores são da opinião que os desportistas que usam protetores bucais sentem-se menos receosos quanto a contraírem lesões e assim mantêm-se mais concentrados e com mais confiança na sua tarefa, aumentando as possibilidades de obterem melhores resultados.⁽¹⁰⁻¹³⁾

1.2. Protetores Bucais

Os protetores bucais são colocados na cavidade oral para proteção dos tecidos moles, tecidos dentários e tecidos duros contra os respetivos traumatismos.⁽¹⁴⁾ A função dos protetores bucais é, entre muitas, proteger os

dentes no caso de impacto ao amortecer as forças transmitidas aos dentes da arcada maxilar relativamente aos dentes antagonistas aquando de um traumatismo aplicado na mandíbula. Para além disso estes dispositivos intraorais, podem evitar eventuais fraturas ósseas e danos na articulação temporomandibular, assim como proteger a mucosa bucal, labial e a língua. A diminuição do risco de concussões e hemorragia subaracnoídea também tem vindo a ser referida e associada como resultado da dispersão e redução das forças de impacto pelos protetores bucais. (6, 8, 12)

Os protetores bucais devem ter um alto poder de absorção ao choque e dissipação das forças aplicadas pelo impacto, distribuindo-as ao longo de toda a sua extensão. Devem também promover um elevado conforto e ajuste, permanecendo adaptados e ajustados ao maxilar superior mesmo durante o movimento e ação. (4, 15-19)

Atualmente, os protetores bucais, ainda, mais utilizados durante a prática desportiva são os adaptados em boca, conhecidos como “boil-and-bite”, que podem ser comprados em algumas lojas de desporto. Estes protetores bucais geralmente têm pouca retenção, oferecem pouca proteção e podem interferir com a respiração. Existem também os protetores bucais standard, disponíveis em vários tamanhos, sendo que estes parecem oferecer ainda menor proteção relativamente aos “boil-and-bite”. Os protetores bucais individualizados, feitos após consulta no médico dentista, são os mais recomendados, oferecem conforto, retenção, facilidade na respiração e além disso conferem boa proteção aos dentes, gengiva e lábios. (3, 6, 8, 9, 20, 21)

O co polímero EVA (acetato-vinilo de etileno) é o material mais utilizado para a confeção de protetores bucais pelo seu custo reduzido, facilidade de manipulação e propriedades que possui. (4, 9, 19-28) Podem, no entanto, ser usados outros polímeros termomoldáveis tais como o poliestireno de poliolefina e a poliolefina. (4, 9, 22) No que toca ao EVA, a espessura comumente utilizada é a de 3 a 4 mm, que muitos autores adotam como sendo a espessura ideal necessária à boa prestação na absorção das forças de impacto sem pôr em causa o conforto do atleta. (27)

Os protetores bucais podem ter várias propriedades como a cor e podem ser confeccionados através da sobreposição de placas de EVA de diferentes espessuras e consistências. Tais modificações foram descritas na literatura como tendo influência nas propriedades mecânicas do material. ^(19, 26, 28, 29) *De/ Rossi et al.* no seu estudo concluiu que placas de EVA de cor escura parecem oferecer melhor adaptação e retenção depois de termomoldadas aos modelos de gesso⁽¹⁹⁾. Já *Takashi et a* ⁽²⁶⁾ diz-nos que os pigmentos e corantes adicionados às lâminas de EVA afetam as suas propriedades mecânicas.

Neste sentido, o presente estudo/projeto de investigação tem como objetivo identificar qual a espessura ideal de acetato-vinilo de etileno para a confeção de um protetor bucal de maneira a que este possa garantir o máximo de proteção ao atleta sem descuidar a comodidade, apoiado no estudo comparativo das propriedades mecânicas do polímero de acordo com a sua espessura, laminação e cor. Desta forma serão abordadas questões relacionadas com a marca comercial das diferentes placas termomoldáveis, bem como a sua espessura e inclusive a cor, as propriedades mecânicas e capacidade de absorção de impacto. Para este efeito foram confeccionados provetes de acetato-vinilo de etileno termomoldados incolores e com cor, com diferentes espessuras, laminações e de diferentes marcas comerciais de acordo com o que é mais utilizado na confeção de protetores bucais individualizados, posteriormente submetidos a vários testes mecânicos, nomeadamente de impacto, dureza e tração.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA

2. METODOLOGIA

2.1. Amostras

Neste projeto de investigação foram selecionadas amostras de várias marcas comerciais, de maneira a, para além da espessura e cor, podermos proceder à sua comparação. Neste sentido obtivemos amostras da Erkodent[®] Dentaflux[®] e Ximpact[®].

As amostras Erkodent[®] (dependendo da sua laminação) eram compostas por placas de acetato vinilo de etileno de 4mm e 2mm de nome comercial Erkoflex[®]. As amostras Dentaflux[®] (dependendo da sua laminação) eram compostas por placas de acetato vinilo de etileno de 4mm e 2mm de nome comercial semelhante, Dentaflux[®]. Já as amostras Ximpact[®] (dependendo da sua laminação) eram compostas por placas de acetato vinilo de etileno de 4mm e 2mm de nome comercial “*WHW plastics[®] EVA sheets*”. Nas amostras que continham a placa dura de EVA 0,8mm, esta era igual em qualquer uma das amostras das diferentes casas comerciais tendo o nome comercial Erkodur[®].

Na espessura de 4mm Erkodent[®] foram testadas duas amostras com cores diferentes, uma incolor e uma com cor mosqueada, predominantemente preta.

Na preparação das amostras foi usada a máquina *Erkodent 3Dmotion*[®] (figura 1), onde foram selecionados os valores ideais de temperatura e tempo de arrefecimento de cada placa consoante a sua espessura e marca comercial (figura 2).



Figura 1 - Máquina Erkoform 3Dmotion[®] utilizada para a confecção de protetores bucais



Figura 2 - Ecrã de funções onde se escolhe o programa que se adequa a cada protetor bucal a ser confeccionado. Podem ser selecionados a temperatura e tempo de arrefecimento de cada placa consoante a sua espessura e finalidade.

Foram feitas amostras com placas EVA sobrepostas umas sobre as outras sem molde (figuras 6 e 7), sendo todas confeccionadas de igual forma por camadas e com os programas demonstrados nas figuras 3, 4 e 5. O diâmetro final das amostras foi de 120mm (figura 8).

2. METODOLOGIA



Figura 3 - Programas utilizados na máquina Erkoform 3Dmotion® para a confecção das amostras Erkoform® a) placa EVA 4mm; b) placa EVA 2mm; c) placa rígida 0,8mm.

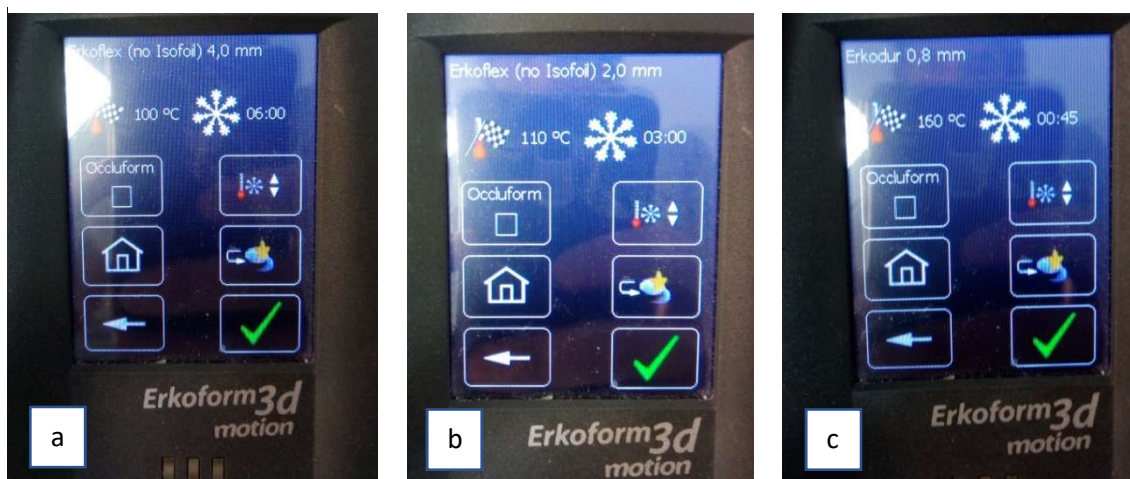


Figura 4 - Programas utilizados na máquina Erkoform 3Dmotion® para a confecção das amostras Dentaflux® a) placa EVA 4mm; b) placa EVA 2mm; c) placa rígida 0,8mm.

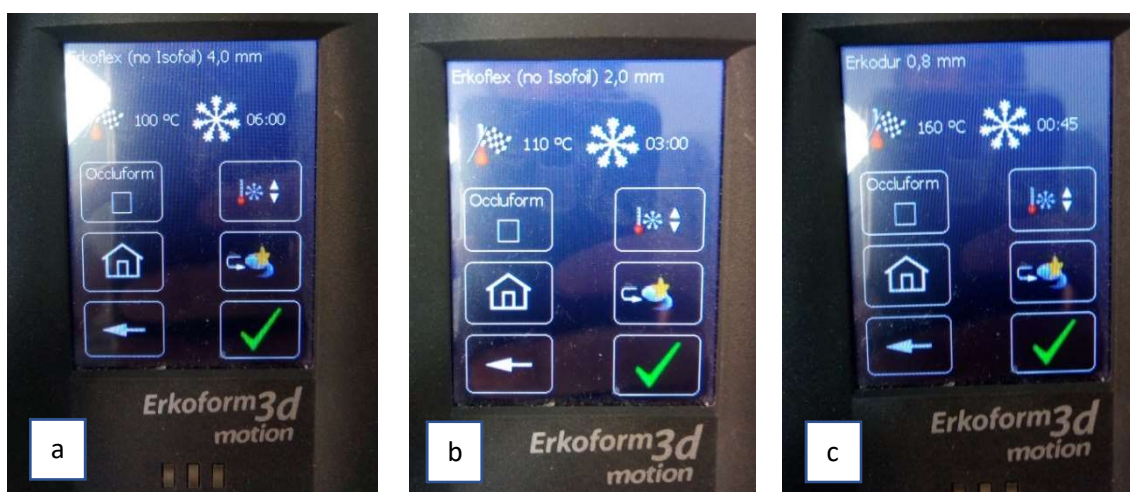


Figura 5 - Programas utilizados na máquina Erkoform 3Dmotion® para a confecção das amostras Ximpact® a) placa EVA 4mm; b) placa EVA 2mm; c) placa rígida 0,8mm.



Figura 6 - Processo de termomoldagem Máquina Erkoform 3DMotion®. Neste caso confecção de amostra 4+2mm - Primeira laminação.



Figura 7 - Processo de termomoldagem Máquina Erkoform 3DMotion®. Neste caso confecção de amostra 4+2mm - Segunda laminação.



Figura 8 - Amostras termomoldadas, aspecto final.

2.2. Testes

Os testes foram conduzidos na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), no departamento de engenharia mecânica.

2.2.1. Teste de Impacto



Figura 9 - Vista geral da máquina Rosand® Instrumented Falling Weight Impact Tester Type 5 -HV.



Figura 10 - Pormenor dos componentes responsáveis pelo impacto e pela obtenção dos valores de força e tempo.

Os testes de impacto foram realizados com recurso à máquina Rosand® Instrumented Falling Weight Impact Tester Type 5 -HV (figuras 9 e 10). Foi escolhida uma ponta hemisférica com 16 mm de diâmetro movida a uma velocidade constante de 1,61 m/s com uma energia de 5 joules e 3,842 Kg de massa. A altura de queda variou de amostra para amostra de acordo com a sua espessura, de maneira a que a distância percorrida pela ponta e a sua consequente energia no momento do impacto fosse semelhante em todas as amostras. As amostras foram colocadas sobre uma base fixa de aço inoxidável e para cada amostra foram efetuados 3 ensaios (as amostras foram ajustadas entre ensaios para que o peso não colidisse com o local onde antes já tinha exercido impacto) (figura 11).



Figura 11 - Amostra em posição após impacto.

Em cada ensaio o sensor de impacto enviava automaticamente os dados para um computador que dispõe de um software específico de aquisição e análise do sinal, permitindo posteriormente a obtenção dos resultados, em gráficos e valores correspondentes. O gráfico obtido da força em relação ao tempo foi efetivamente lido pelo sensor, sendo que outros gráficos mostrados pelo software têm por base deduções matemáticas dos valores obtidos.

2.2.2. Teste de Dureza

O teste de dureza selecionado foi o de Shore A com recurso ao medidor analógico Sauter® HBA 100-0 Shore Hardness Meter Shore A (figura 12).

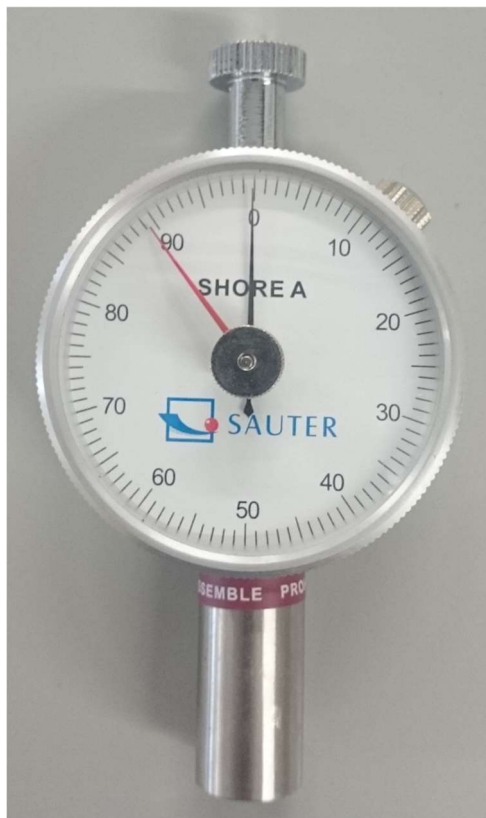


Figura 12 - Medidor analógico Sauter® HBA 100-0 Shore Hardness Meter Shore A.

O teste consiste em pressionar o medidor contra as amostras com pressão constante durante 5 segundos e em seguida ler o valor obtido (figura 13). Foram efetuados 10 ensaios em cada amostra e calculada de seguida a média dos valores.



Figura 13 - Método de avaliação da dureza de Shore A na amostra 4mm Erkodent colorida.

2.2.3. Teste de Tração

Para os testes de tração foram 4 as amostras escolhidas: 4mm Erkodent®, 4mm Erkodent® colorida, 4mm Dentaflux® e 4 mm Ximpact®. Em cada uma destas amostras foram cortados 2 provetes para teste com aproximadamente 10mm de largura e altura variável, consoante a disponibilidade da amostra base, isto é, no provete retirado não podiam haver defeitos ou marcas provocadas por testes prévios (figura 14).



Figura 14 - Provete cortados para ensaio na máquina de tração.

Os testes de tração foram realizados com recurso à máquina Instron® 3367. (figura 15). O primeiro passo foi medir com recurso a um calibrador de leitura analógica com precisão de medição de $\pm 0,02\text{mm}$ cada filete de modo a determinar a sua espessura e largura. Estes valores foram inseridos no software controlador da máquina de tração de modo a calibrar os resultados para garantir que as amostras são analisadas de maneira igual independentemente de terem espessuras e larguras diferentes.



Figura 15 – Máquina de Tração Instron® 3367

Em seguida a amostra foi colocada na máquina e lida a sua altura inicial (L_0). A partir daqui a máquina inicia o processo de tração (figura 16 e 17) a uma velocidade de 20mm/min e desenhando o respetivo gráfico esforço à tração (MPa) vs % de deformação.



Figura 16 - Máquina de tração em funcionamento.



Figura 17 - Máquina de tração em funcionamento, com vista lateral, sendo possível visualizar o provete da Erkodent® 4mm colorido.

2.3. Análise estatística

Os dados obtidos nos testes foram analisados numa base de dados recorrendo ao software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 24.0.

Procedeu-se à análise descritiva dos dados recolhidos nomeadamente a média e o desvio padrão para cada um dos testes.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1. Teste de Impacto

Os resultados dos testes de impacto são descritos sob a forma de gráficos a seguir apresentados.

Erkodent®:

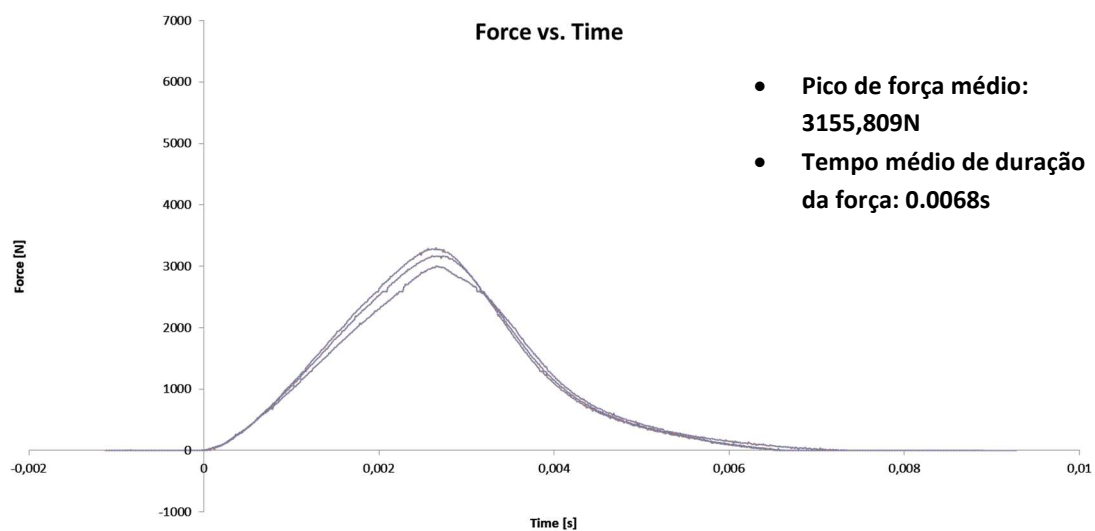


Gráfico 1 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4mm Erkodent®

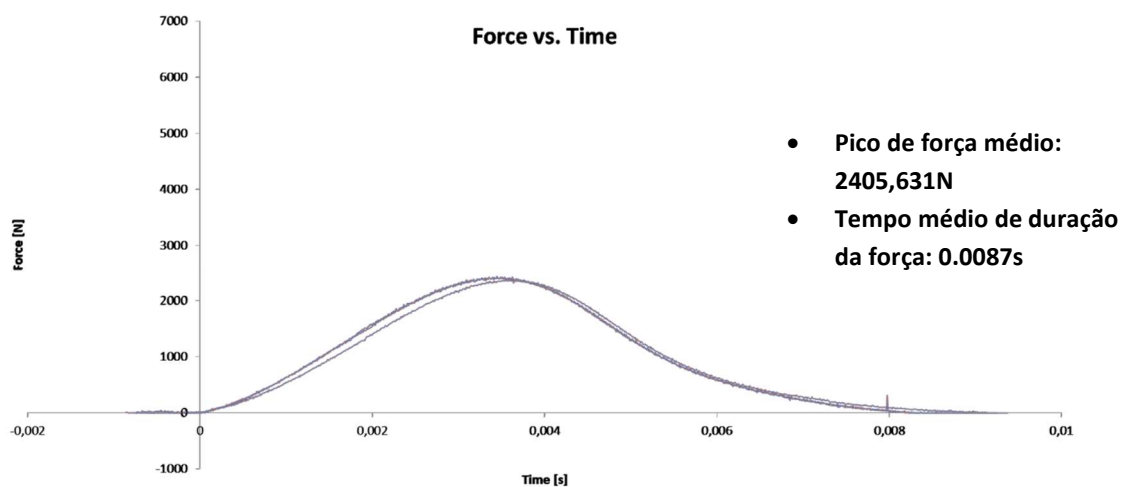


Gráfico 2 - - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+2mm Erkodent®.

3. RESULTADOS

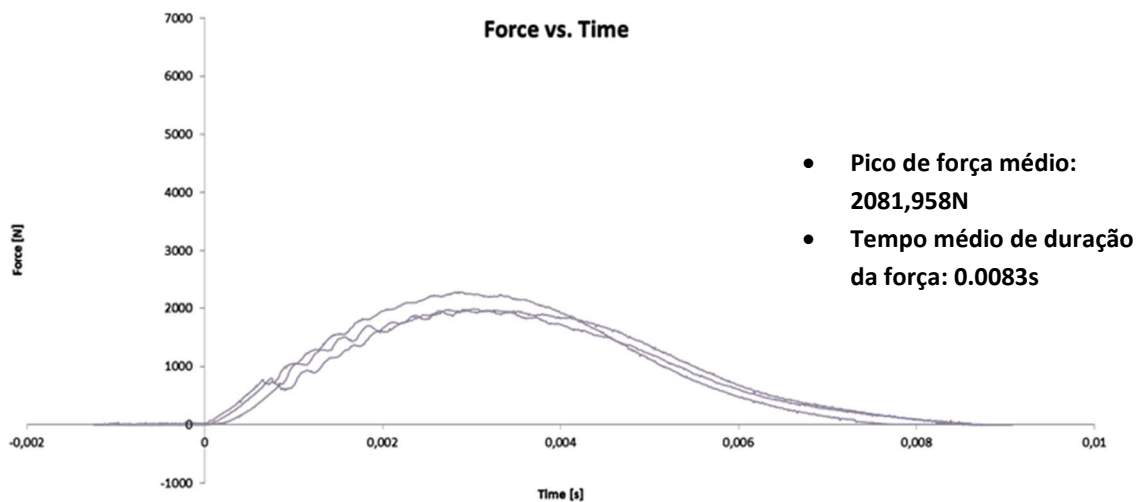


Gráfico 3 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+0,8+2mm Erkodent®.

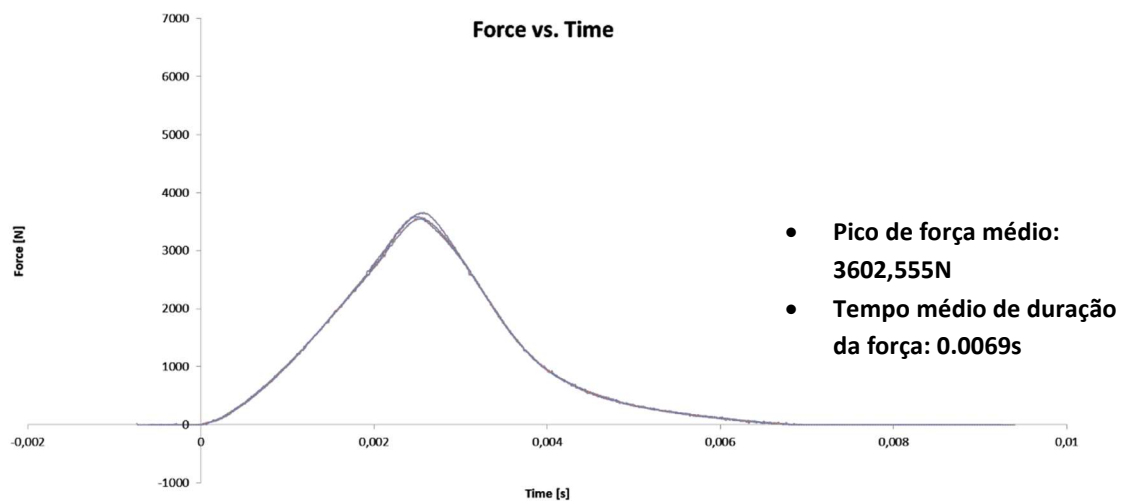


Gráfico 4 - Gráfico Força vs Tempo na amostra colorida 4mm Erkodent®.

	Erkodent 4mm	Erkodent 4 colorida	Erkodent 4+2mm	Erkodent 4+0.8+2mm
N	3	3	3	3
Média	,00683333	,00686667	,00866667	,00830000
Desvio Padrão	,000404145	,000057735	,000378594	,000519615
Mínimo	,006600	,006800	,008400	,007700
Máximo	,007300	,006900	,009100	,008600

Tabela 1 - Estatística descritiva dos valores de tempo de duração de força em amostras Erkodent®.

3. RESULTADOS

	Erkodent 4mm	Erkodent 4mm colorida	Erkodent 4+2mm	Erkodent 4+0.8+2mm
N	3	3	3	3
Média	3155,80900000	3602,55533300	2405,63066700	2081,95766700
Desvio Padrão	151,974170400	49,116720780	25,952587100	167,912208300
Mínimo	2999,030000	3560,400000	2376,972000	1982,496000
Máximo	3302,473000	3656,491000	2427,546000	2275,824000

Tabela 2 - Estatística descritiva do pico de força de impacto em amostras Erkodent®

O gráfico força vs tempo referente à amostra de 4mm de espessura (gráfico 1) apresenta um pico médio de força de 3155,809N, com um tempo médio de duração de força de 0,0068s. Já na amostra de espessura 4+2mm (gráfico 2) verifica-se uma melhoria tanto no pico médio de força que teve como valor 2405,631N como no tempo médio de duração da força que aumentou 0,0087s. A amostra de espessura 4+0.8+2mm (gráfico 3) foi a que apresentou melhor resultado em termos de pico médio de força com 2081,958N, embora o tempo médio de duração desta tenha diminuído ligeiramente para 0,0083s. No que toca à cor, a amostra de espessura 4mm colorida (gráfico 4) apresentou resultados ligeiramente menos favoráveis comparativamente à amostra incolor de 4mm de espessura, nomeadamente o pico médio da força com um valor de 3602,555N com um tempo médio de força semelhante de 0,0069s.

Dentaflux®:

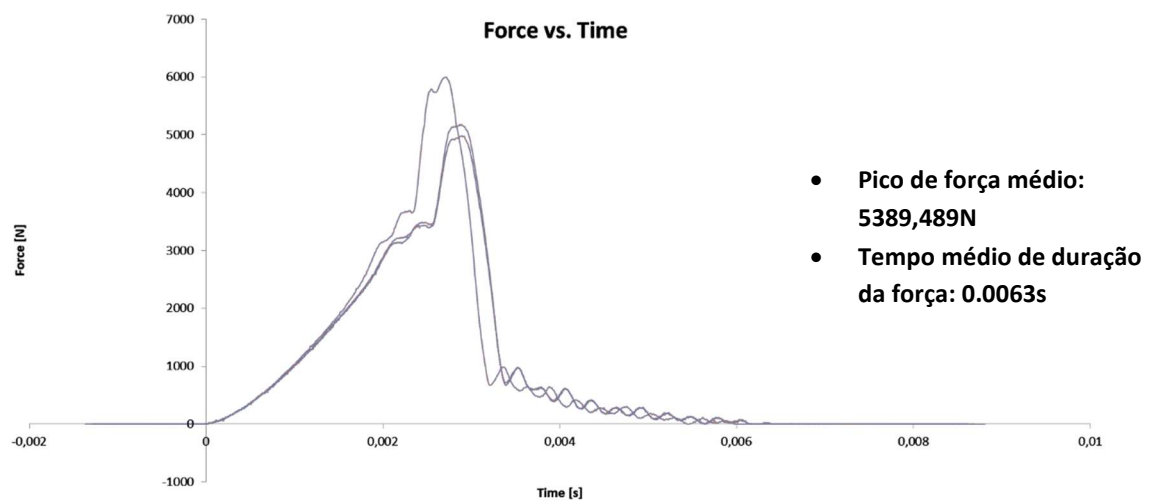


Gráfico 5 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4mm Dentaflux®.

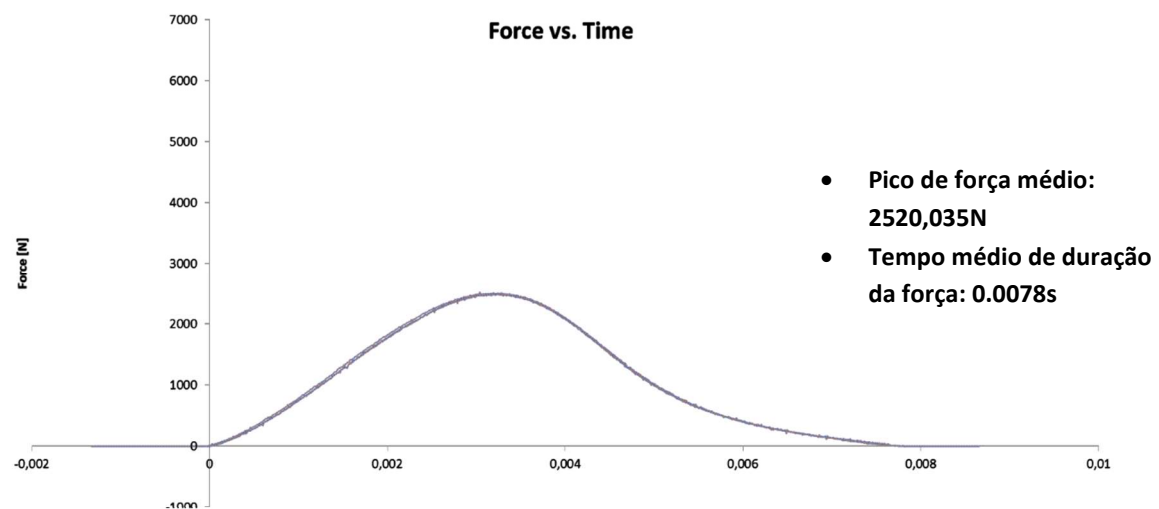


Gráfico 6 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+2mm Dentaflux®.

3. RESULTADOS

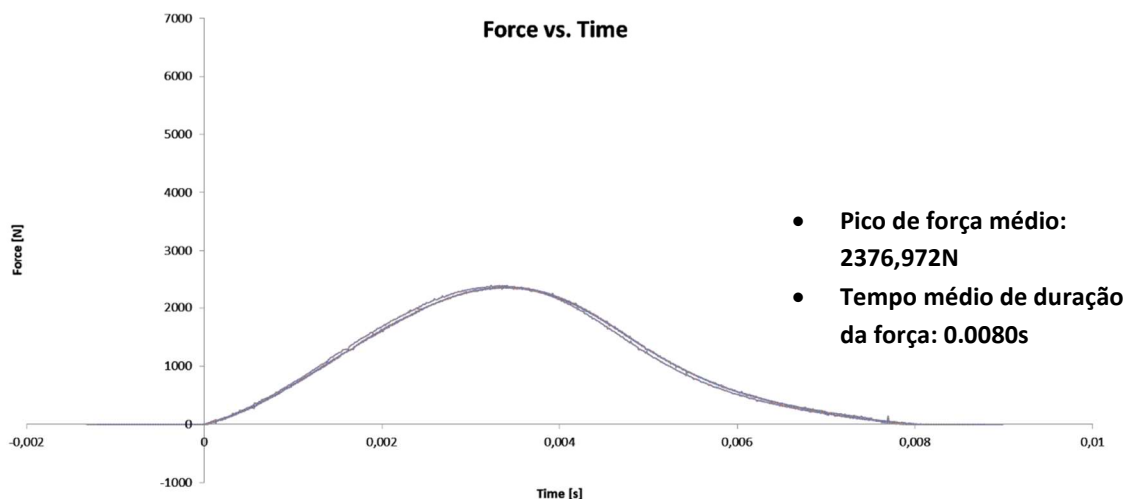


Gráfico 7 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+0,8+2mm Dentaflux®.

	Dentaflux 4mm	Dentaflux 4+2mm	Dentaflux 4+0.8+2mm
N	3	3	3
Média	,006266667	,00776667	,00800000
Desvio Padrão	,0002309401	,000057735	,000100000
Mínimo	,0060000	,007700	,007900
Máximo	,0064000	,007800	,008100

Tabela 3 - Estatística descritiva dos valores de tempo de duração de força em amostras Dentaflux®.

	Dentaflux 4mm	Dentaflux 4+2mm	Dentaflux 4+0.8+2
N	3	3	3
Média	5389,488667000	2520,03500000	2376,97200000
Desvio Padrão	539,1592771000	42,016893540	10,115000000
Mínimo	4991,6410000	2493,292000	2366,857000
Máximo	6003,1180000	2568,464000	2387,087000

Tabela 4 - Estatística descritiva do pico de força de impacto em amostras Dentaflux®

O gráfico força vs tempo referente à amostra de espessura 4mm (gráfico 5) apresenta um pico médio de força elevado de 5389,489N, com um tempo médio de duração de força de 0,0063s. Já relativamente à amostra de espessura 4+2mm (gráfico 6) é possível observar uma melhoria, tanto no pico médio de

3. RESULTADOS

força que teve como valor 2520,035N, como no tempo médio de duração da força que aumentou para 0,0078s em comparação com a anterior. A amostra de espessura 4+0.8+2mm (gráfico 7) foi a que apresentou melhores resultados, com um pico médio de força de 2376,972N, enquanto que o tempo médio de duração da força aumentou ligeiramente para 0,0080s.

Ximpact®:

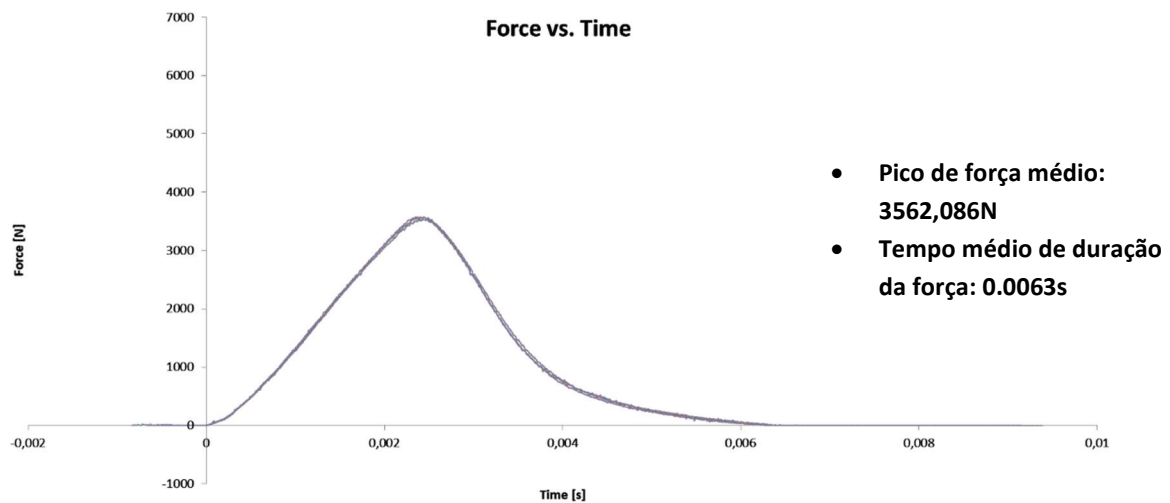


Gráfico 8 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4mm Ximpact®.

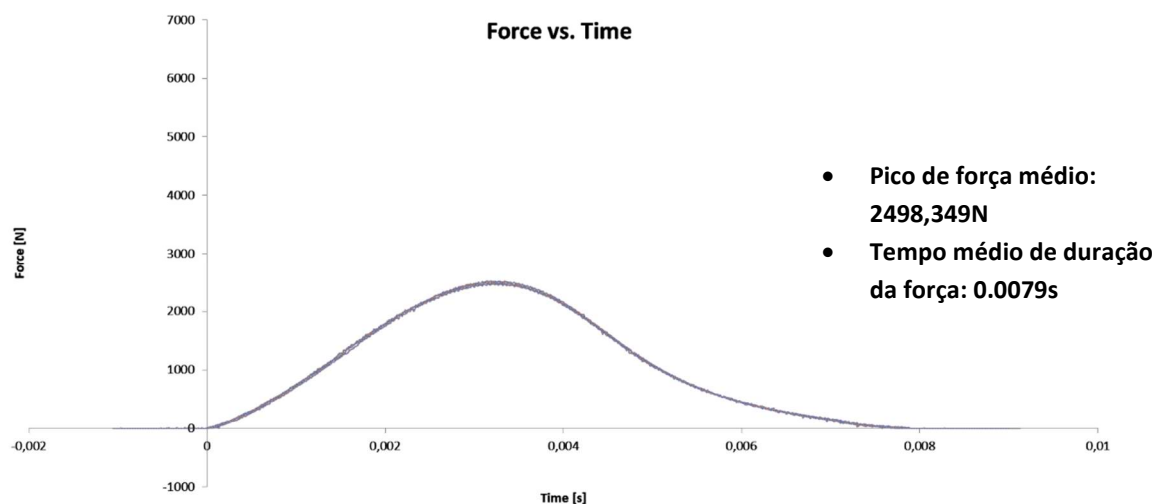


Gráfico 9 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+2mm Ximpact®.

3. RESULTADOS

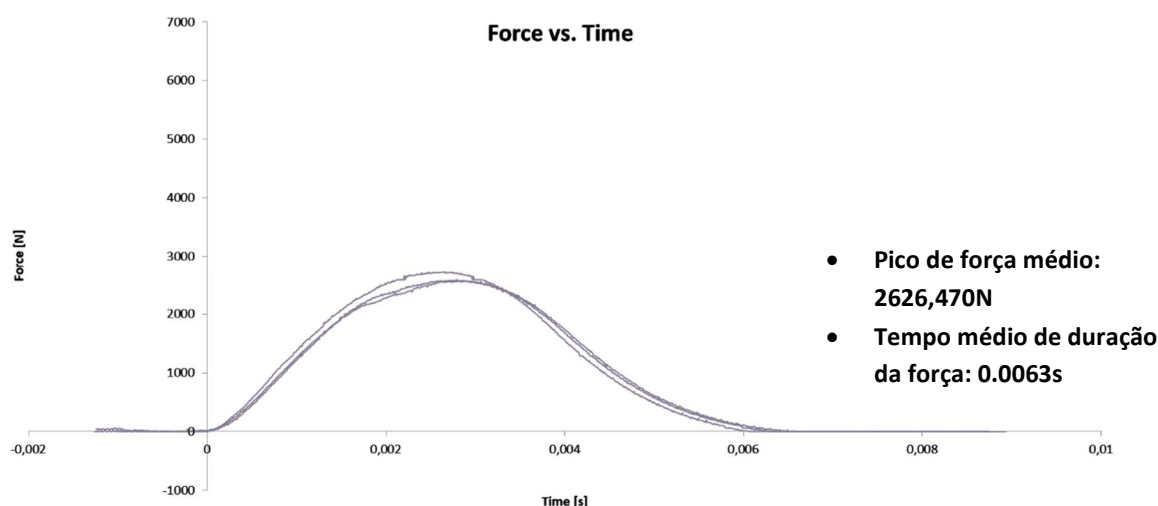


Gráfico 10 - Gráfico Força vs Tempo na amostra 4+0,8+2mm Ximpact®.

	Ximpact 4mm	Ximpact 4+2mm	Ximpact 4+0.8+2mm
N	3	3	3
Média	,00633333	,00786667	,00633333
Desvio Padrão	,000057735	,000057735	,000251661
Mínimo	,006300	,007800	,006100
Máximo	,006400	,007900	,006600

Tabela 5 - Estatística descritiva dos valores de tempo de duração de força em amostras Ximpact®.

	Ximpact 4mm	Ximpact 4+2mm	Ximpact 4+0.8+2mm
N	3	3	3
Média	3562,08633300	2498,34933300	2626,46966700
Desvio Padrão	27,854084120	18,234382200	81,912831230
Mínimo	3530,056000	2478,120000	2574,210000
Máximo	3580,630000	2513,521000	2720,874000

Tabela 6 - - Estatística descritiva do pico de força de impacto em amostras Ximpact®

O gráfico força vs tempo relativo à amostra de espessura 4mm (gráfico 8) apresenta um pico médio de força elevado de 3562,086N, com um tempo médio de duração de força de 0,0063s. Já a amostra de espessura 4+2mm (gráfico 9) foi a que apresentou melhores resultados nesta marca com um pico médio de

força que teve como valor 2498,349N. Em relação ao tempo médio de duração da força, este aumentou 0,0079s. A amostra de espessura 4+0.8+2mm (gráfico 10) apresentou um pico médio de força de 2626,470N enquanto que o tempo médio de duração da força diminuiu para 0,0063s.

Resultados gerais

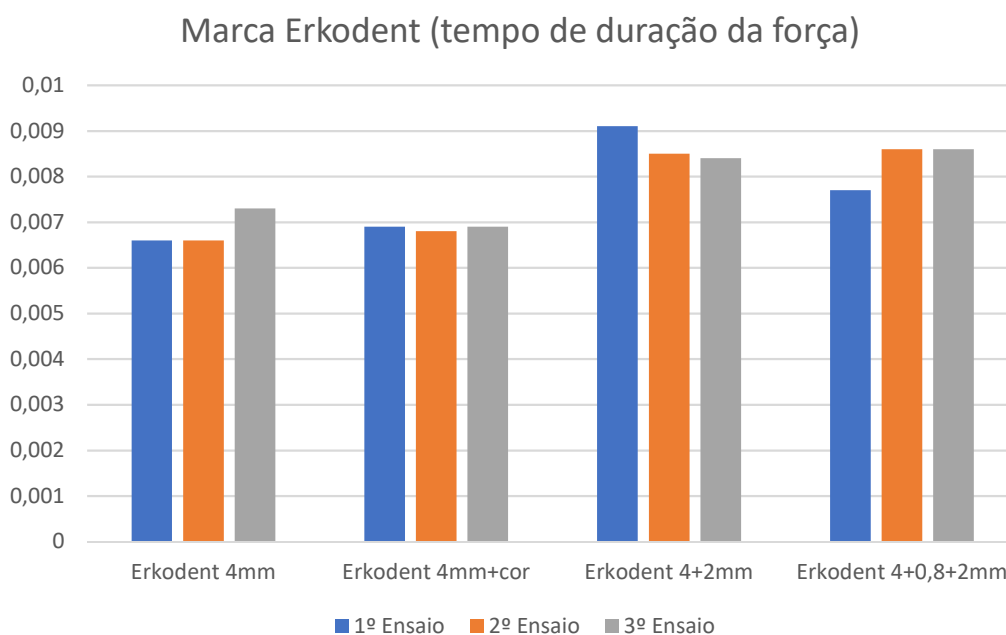


Tabela 7 - Comparação do tempo de duração da força nas diferentes amostras da marca Erkodent®

É possível verificar na tabela 7 que entre a amostra incolor e a amostra colorida a diferença no tempo de duração da força é mínima. Com a espessura 4+2 é visível o claro aumento no tempo de duração da força, tempo este semelhante ao apresentado pela amostra 4+0,8+2mm.

3. RESULTADOS

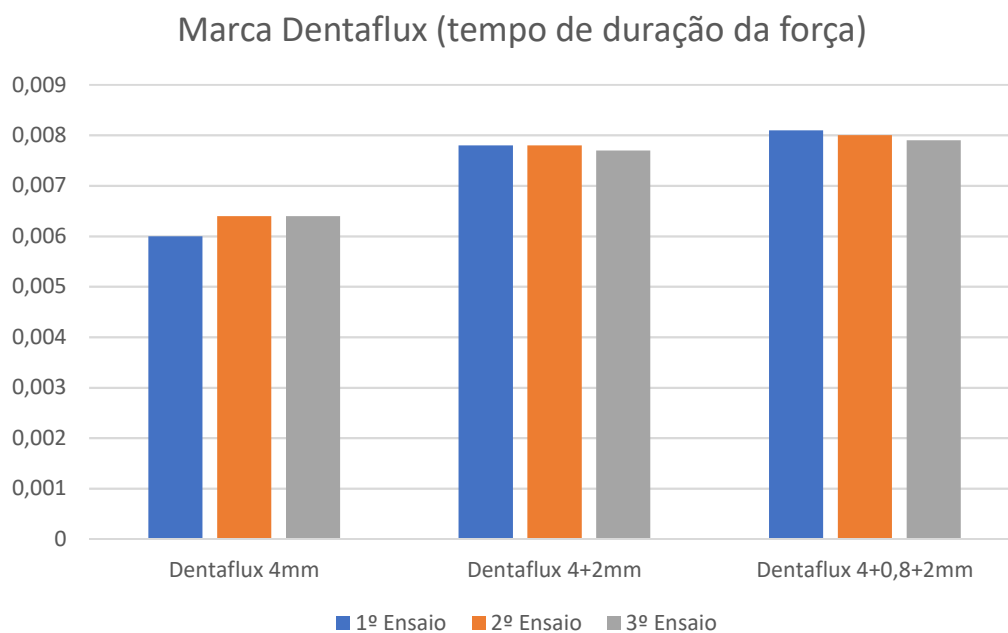


Tabela 8 - Comparação do tempo de duração da força nas diferentes amostras da marca Dentaflux®

Na tabela 8 vemos uma tendência crescente do tempo de duração da força com o incremento de espessura.

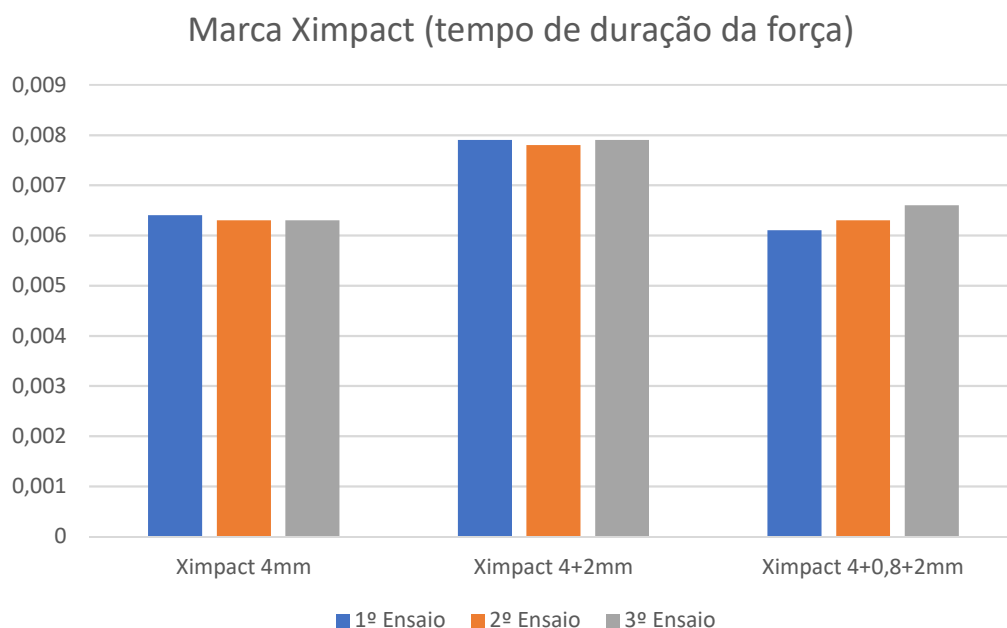


Tabela 9 - Comparação do tempo de duração da força nas diferentes amostras da marca Ximpact®

Na tabela 9 vemos um claro aumento do tempo de duração da força da amostra de 4mm para o de 4+2mm. O contrário também se verifica da amostra 4+2mm para a 4+0.8+2mm.

3. RESULTADOS

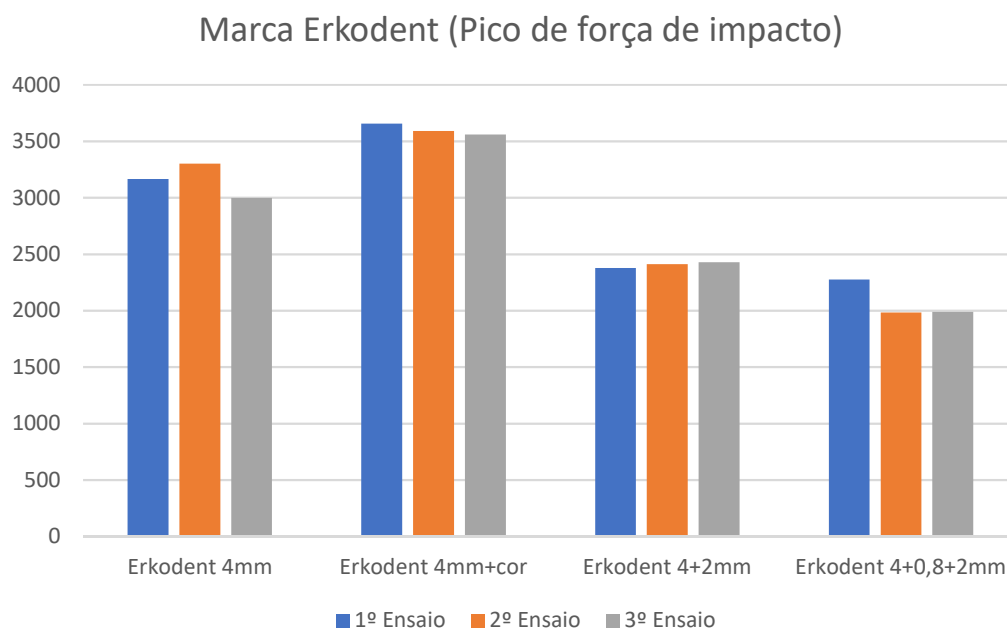


Tabela 10 - Comparação do pico da força de impacto nas diferentes amostras da marca Erkodent®

É possível verificar na tabela 10 que entre a amostra incolor e a amostra colorida a diferença no pico de força existe. Como seria expectável, as camadas com maior espessura apresentaram picos de força mais baixos.

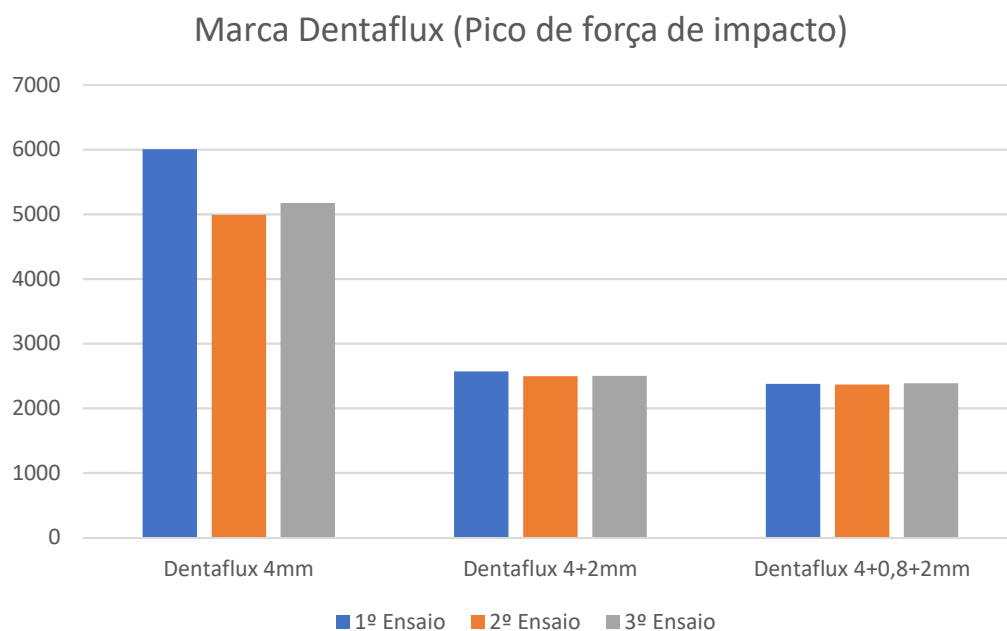


Tabela 11 - Comparação do pico da força de impacto nas diferentes amostras da marca Dentaflux®

Na tabela 11 é possível verificar uma diminuição brusca no pico de força de impacto da amostra 4mm para a amostra 4+2mm, sendo que a amostra 4+2mm e 4+0,8+2mm não apresenta grandes resultados.

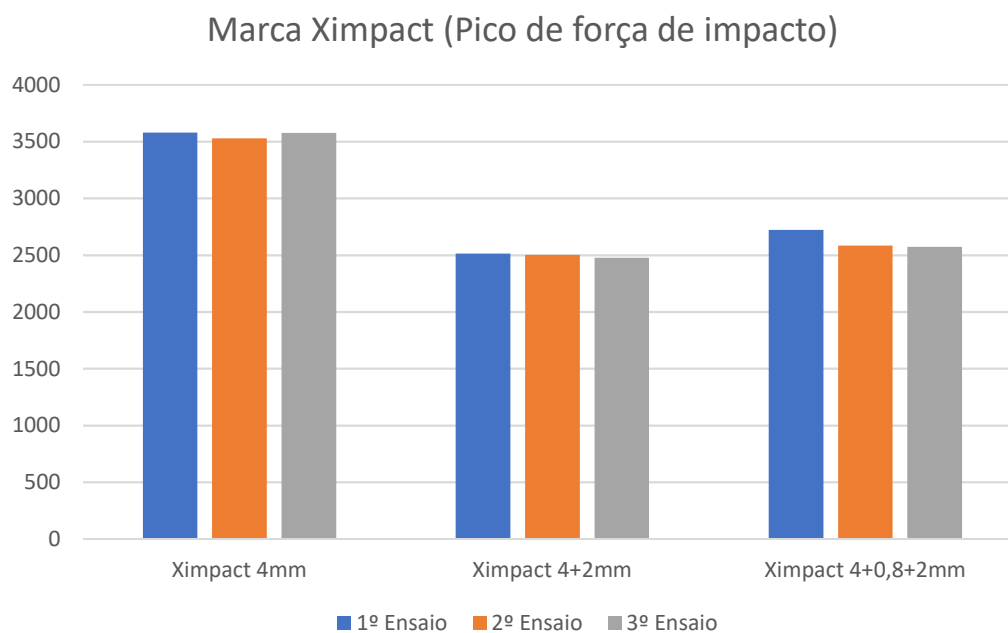


Tabela 12 - Comparação do pico da força de impacto nas diferentes amostras da marca Ximpact®

Da tabela 12 retiramos o interessante resultado de que o pico de força aumentou da camada 4+2mm para a camada 4+0,8+2mm, enquanto que tal como era esperado, a camada de 4mm se apresentou como aquela cujo pico de força de impacto foi maior.

3.2. Teste de Dureza

Os resultados dos testes de dureza são descritos sob a forma de tabelas a seguir apresentadas.

Erkodent®:

4 mm	4 mm colorido	4+2 mm	4+0,8+2 mm
87	88	81	86
88	87	85	87
88	86	85	88
87	87	85	87
86	87	85	86
88	87	84	86
87	87	85	86
88	87	86	87
89	87	86	86
88	86	85	86
87,6A	86,9A	84,7A	86,5A

Tabela 13 - Resultados do teste de dureza nas amostras Erkodent®.

	Erkodent 4mm	Erkodent 4mm colorida	Erkodent 4+2mm	Erkodent 4+0.8+2mm
N	10	10	10	10
Média	87,6000	86,9000	84,7000	86,5000
Desvio Padrão	,84327	,56765	1,41814	,70711
Mínimo	86,00	86,00	81,00	86,00
Máximo	89,00	88,00	86,00	88,00

Tabela 14 - Estatística descritiva dos valores de dureza nas amostras Erkodent®.

Em relação aos valores médios de dureza apresentados pelas amostras da marca Erkodent® 4mm, 4mm colorido, 4+2mm, 4+0.8+2mm, verificou-se foram de 87.6A, 86.9A, 84.7A e 86.5A, respetivamente (tabela 13).

Dentaflux®:

4 mm	4+2 mm	4+0,8+2 mm
79	80	81
79	81	81
79	80	81
77	80	81
81	79	81
81	78	81
79	80	81
79	80	82
80	80	80
78	82	82
79,2A	80A	81,1A

Tabela 15 - Resultados do teste de dureza nas amostras Dentaflux®.

	Dentaflux 4mm	Dentaflux 4+2mm	Dentaflux 4+0.8+2mm
N	10	10	10
Média	79,2000	80,0000	81,1000
Desvio Padrão	1,22927	1,05409	,56765
Mínimo	77,00	78,00	80,00
Máximo	81,00	82,00	82,00

Tabela 16 - Estatística descritiva dos valores de dureza nas amostras Dentaflux®.

No que respeita aos valores médios de dureza apresentados pelas amostras de espessuras 4mm, 4+2mm, 4+0.8+2mm da marca Dentaflux® (tabela 15), estes revelam uma tendência de crescimento com o aumento da espessura, sendo de 79.2A, 80A, 81.1A, respetivamente.

Ximpact®:

4 mm	4+2 mm	4+0,8+2 mm
89	88	85
90	86	89
89	86	85
89	90	86
90	85	84
90	87	88
90	87	85
91	88	85
90	87	87
89	87	87
89,7A	87,1A	86,1A

Tabela 17 - Resultados do teste de dureza nas amostras Ximpact®.

	Ximpact 4mm	Ximpact 4+2mm	Ximpact 4+0.8+2mm
N	10	10	10
Média	89,7000	87,1000	86,1000
Desvio Padrão	,67495	1,37032	1,59513
Mínimo	89,00	85,00	84,00
Máximo	91,00	90,00	89,00

Tabela 18 -Estatística descritiva dos valores de dureza nas amostras Ximpact®.

A respeito das amostras 4mm, 4+2mm e 4+0.8+2mm de espessura da marca Ximpact® (tabela 17), os resultados revelam uma tendência a diminuir com o aumento da espessura. Obtiveram-se os valores de 89.7A, 87.1A e 86.1A respectivamente.

3.3. Teste de Tração

Os resultados dos testes de tração são descritos sob a forma de gráficos a seguir apresentados.

Erkodent®:

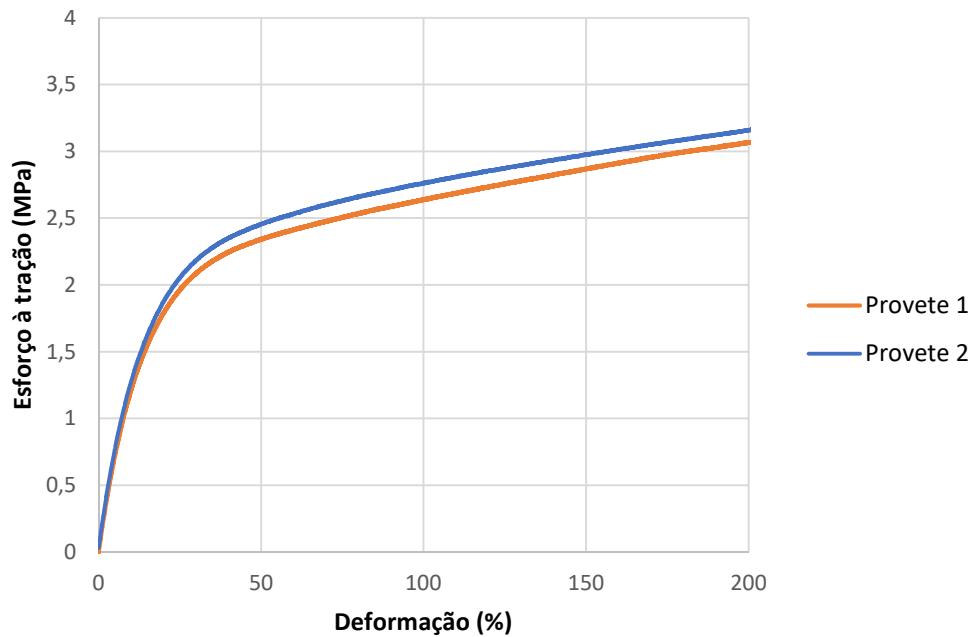


Gráfico 11 - Gráfico Esforço à tração vs Deformação na amostra Erkodent®.

Relativamente ao teste de tração realizado na amostra incolor da marca Erkodent® (gráfico 11), verificamos uma mudança de padrão linear para uma deflexão do traçado gráfico por volta dos 2 MPa. A deformação máxima foi limitada até um valor de 200%, assim como em todas as amostras estudadas nesta investigação.

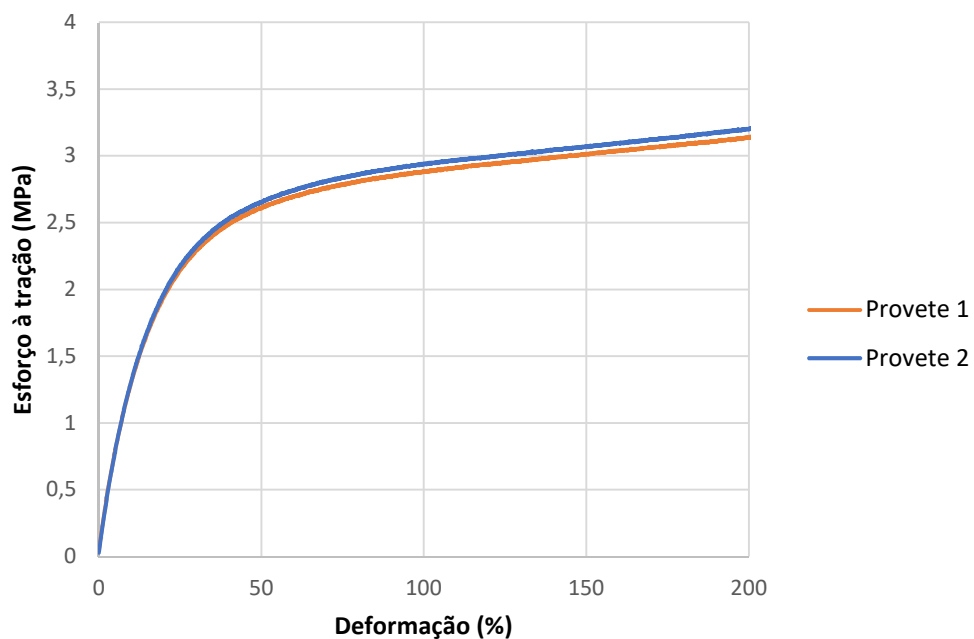
Erkodent® colorido:

Gráfico 12 - Gráfico Esforço à tração vs Deformação na amostra Erkodent® colorida.

Na amostra colorida da marca Erkodent® (gráfico 12), verificamos uma mudança de padrão linear para uma deflexão do traçado gráfico por volta dos 2,3 MPa, ligeiramente superior à amostra com a mesma espessura incolor.

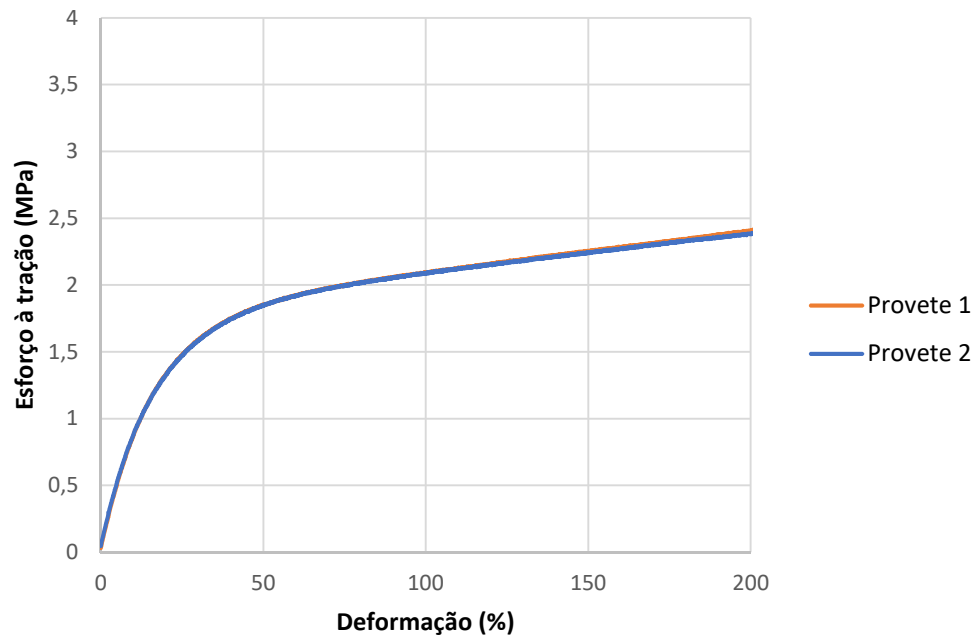
Dentaflux®:

Gráfico 13 - Gráfico Esforço à tração vs Deformação na amostra Dentaflux®.

Na amostra Dentaflux® (gráfico 13), verificamos uma mudança de padrão linear para uma deflexão do traçado gráfico por volta dos 1,5 MPa.

Ximpact®:

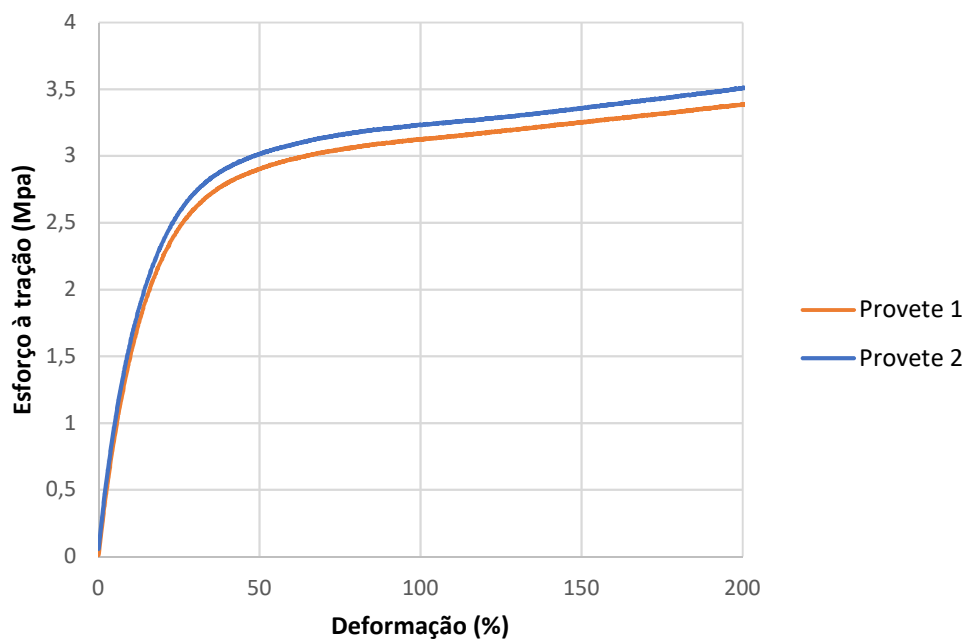


Gráfico 14 - Gráfico Esforço à tração vs Deformação na amostra Ximpact®.

Na amostra Ximpact® (gráfico 14), verificamos uma mudança de padrão linear para uma deflexão do traçado gráfico por volta dos 2,5 MPa.

CAPÍTULO IV

DISCUSSÃO

4. DISCUSSÃO

A prática do exercício da medicina dentária não se deve confinar única e exclusivamente às questões estéticas e funcionais. O aumento do interesse na vertente estética ao nível da reabilitação oral ou mesmo nos tratamentos ortodônticos dos casos de má oclusão predominam na atividade clínica diária do profissional de saúde oral, a par das opções terapêuticas que englobam os implantes dentários.

Sabendo que a medicina dentária preventiva desempenha um papel fulcral ao nível da promoção de saúde oral no sentido de prevenir, entre outras, o aparecimento de caries dentárias, é importante realçar também a preponderância que a medicina dentária desportiva pode desempenhar na prevenção de traumatismos orofaciais com a implementação de protetores bucais individualizados.^(1, 3, 10, 22, 27, 30)

Para atingir essa meta, a ciência e tecnologia dos biomateriais pode contribuir no estudo e análise dos diferentes tipos de materiais envolvidos na confecção dos protetores bucais. O aumento recente do estudo desta temática tem vindo a dar frutos na consciencialização da importância da utilização dos protetores bucais individualizados em diferentes modalidades desportivas. A mera aquisição de um protetor bucal numa loja desportiva pode vir a tornar-se cada vez menos frequente, uma vez que a comunidade desportiva a par da comunidade científica e clínica da medicina dentária, já evidencia um trabalho aprofundado no sentido de implementar os protetores bucais individualizados na rotina diária de um atleta na sua prática desportiva, quer nos desportos de contacto direto ou indireto.^(1, 3, 4, 6, 10, 14, 16-18, 26)

Sabe-se o quanto é relevante a espessura final do protetor bucal já que qualquer atleta procura um protetor bucal individualizado que lhe confira a máxima resistência, proteção e conforto^(8, 10, 13, 30). Tendo em consideração estas premissas podemos ter um protetor bucal com uma espessura final máxima de 4,5mm, por norma dentro dos limites toleráveis pelo sistema estomatognático, mas que por vezes pode ainda interferir na respiração, comunicação, conforto e

consequente desempenho do atleta.^(3, 6, 8, 12, 14, 16, 21, 26, 27, 29). Assim, resta-nos quantificar e avaliar as características de algumas placas termomoldáveis com o intuito de poder otimizar a espessura final do protetor bucal, não lhe retirando as características desejáveis e as propriedades para o qual foi desenvolvido.

Mas qual será o protetor bucal individualizado mais adequado? Que espessura ideal deve ter o protetor bucal? Terá a cor do protetor influência na proteção que confere? Deve ser laminado e reforçado internamente com uma placa dura?

Este trabalho de investigação tem como intenção esclarecer algumas destas questões com o intuito de entender as diferenças existentes perante distintos tipos de placas termomoldáveis quanto à sua marca comercial, influência da cor, espessura e laminação. Neste sentido, para caracterizar o comportamento dos diferentes materiais utilizados, foram realizados testes no Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Este estudo seguiu uma metodologia no sentido de realizar ensaios mecânicos a diferentes placas termomoldáveis, que, tal como outros autores consideram, para aferir e avaliar o comportamento e as qualidades mecânicas dos protetores bucais devem-se realizar testes de impacto, tração e dureza^(12-14, 20, 22, 27, 30).

Tendo em consideração várias espessuras, cores e quantidade de camadas, *Craig et al.*⁽¹³⁾ demonstrou que as melhores propriedades em termos de absorção de energia foram demonstradas para os protetores bucais individualizados, quando comparados com os protetores bucais standard. Neste sentido os materiais estudados nesta investigação são usados para a confeção de protetores bucais individualizados.

Park et al.⁽³⁰⁾ chegou à conclusão que os protetores bucais deviam ser reforçados com uma camada intermédia de um polímero muito mais duro, corroborado por *Patrick et al.*⁽⁸⁾. Também aqui foi estudada a inclusão de uma camada dura.

No que diz respeito aos testes de impacto, uma revisão da literatura mostra que não há nenhuma norma standard internacional ou especificação disponível para avaliar a absorção potencial de impacto dos designs ou materiais usados para a confecção dos protetores bucais. Os métodos variam na literatura e por isso a comparação entre estudos é difícil já que se usam métodos diferentes de avaliação, assim como unidades de medida diferentes^(9, 12, 16, 20, 22, 30).

A prova é, por exemplo, o estudo de *Westerman et al.*⁽¹⁸⁾ com um teste de impacto Charpy com energia de 4J a uma velocidade de 12,5m/s. Já *Gould et al.*⁽²⁰⁾ usou um pêndulo a uma altura capaz de gerar uma energia potencial de 1,13J. *Gawlak et al.*⁽⁴⁾ preferiu para o seu estudo uma Máquina Charpy com energia inicial de 1,6J a 220mm de altura e *Fukasawa et al.*⁽²²⁾ usou a queda livre de uma bola de aço animada com velocidade de 3,43 m/s com uma energia aplicada de 0,19 J.

Um estudo interessante que tentou determinar a espessura ótima de EVA foi conduzido por *Westerman et al.*⁽²⁷⁾ que usou um pêndulo Charpy dotado de uma energia de 4,4J, semelhante à usada neste trabalho de investigação, mas animado com uma velocidade superior, 3m/s. Este estudo provou que a absorção de energia aumenta linearmente com o aumento de espessura das camadas de EVA, condizente com outros estudos^(18, 25, 31), apenas até ao valor de espessura de 4mm que estes consideraram o mais vantajoso. A espessura de material indicada por este autor foi também estudada neste trabalho de investigação, assim como a espessura de 6mm, no nosso caso 4+2mm, não só na absorção da força de impacto, mas também na tração e dureza. Conseguiram uma força mínima de impacto transmitida ao sensor com uma espessura de 6mm com um valor de 3,91KN, maior que os 2,5KN em média obtida nesta investigação, o que se pode explicar por uma menor velocidade de impacto.

Nesta investigação não foi realizada inferência estatística pelo facto de se tratarem de testes mecânicos precisos, ou seja, estaríamos a fazer testes estatísticos

Analisando os resultados do teste de impacto obtidos neste estudo corroboramos a premissa de que o aumento da espessura aumenta a capacidade de absorção de impacto do protetor bucal.

A inclusão de uma camada rígida entre as laminações na confecção do protetor bucal não parece trazer grandes vantagens na proteção, visto que a diferença na força sentida é pequena, sendo que na marca Ximpact a força sentida chega mesmo a ser maior do que a observada na forma 4+2mm. O tempo médio de duração da força que, de uma maneira geral, retrata a dissipação da força no tempo, mais tempo maior dissipação da força, menos tempo menor dissipação da força, na maioria dos casos diminuiu, o que se explica pela rigidez da camada intermédia.

Se compararmos as diferentes marcas comerciais, vemos claramente que na espessura de 4mm a marca Dentaflux® tem resultados claramente menos positivos em relação às restantes marcas comerciais sendo que a Erkodent® é a que obteve melhores resultados. Já com o aumento da espessura, na forma 4+2mm a diferença na força de impacto quase que desaparece e todas têm um comportamento semelhante nesse aspeto, mas em termos de tempo de médio de duração da força a amostra da Dentaflux® revela-se novamente com um comportamento menos favorável, com um tempo menor na ordem de 1 milissegundo. Na forma 4+0,8+2mm a amostra da marca Erkodent® volta a destacar-se pela positiva, sendo que em tanto em termos de absorção de impacto como em termos de tempo médio de duração da força a marca Ximpact® ficou ligeiramente atrás.

O valor de dureza dos materiais com que são confeccionados os protetores bucais influenciam a sua forma, retenção, suporte oclusal, absorção de impacto e durabilidade (13, 14, 26). *Craig et al.*⁽¹³⁾ recomenda que a dureza de Shore A seja entre 55A e 85A. Os valores que obtivemos são compatíveis com os encontrados na literatura^(20, 30). A marca comercial Ximpact® foi a que obteve os valores mais altos nas diferentes amostras. Pelo contrário a marca Dentaflux® foi a que apresentou valores de dureza mais baixos nas suas amostras.

A literatura diz-nos que é importante medir a resistência à tração do material usado na confecção dos protetores bucais já que muitos elastómeros termoplásticos convencionais falham na sua função devido ao aparecimento e/ou propagação de rasgos no material.^(13, 20)

Neste campo, testamos as amostras de 4mm de cada marca comercial que tínhamos uma vez que por serem laminadas, as restantes amostras não iriam ver os seus valores de tração corretamente aferidos e porque a resistência do material à tração é proporcional à sua espessura. Assim interessou-nos apenas saber a resistência das lâminas de EVA dos diferentes fabricantes na espessura de 4mm. Os valores que obtivemos no nosso estudo foram semelhantes à literatura, com a diferença de não conseguirmos chegar ao valor de tensão de rutura pois as amostras como são tão elásticas, esticaram ao ponto de se soltar dos apoios que as prendiam. Atendendo a esse fenómeno e ao fenómeno de escorregamento, limitou-se a apresentação gráfica até uma deformação de 200% que se viu na literatura como o próximo do ponto de fratura do material.

Com o aumento do módulo de Young é esperado um aumento da dureza⁽²⁰⁾ o que se verifica também nesta investigação já que a amostra da Dentaflux que apresentou o nível mais baixo de dureza é aquela cujo módulo de Young é mais baixo assim como a amostra da Ximpact que apresentou o nível de dureza mais elevado, apresentou também o módulo de Young mais elevado.

Takashi et al⁽²⁶⁾ diz-nos no seu estudo que os pigmentos e corantes adicionados às lâminas de EVA afetam as suas propriedades mecânicas tais como a dureza, a estabilidade dimensional e a adaptação ao modelo a termomoldar⁽¹⁹⁾, mesmo comparando com outras lâminas do mesmo fabricante.

Neste estudo, em termos de testes de impacto, a amostra colorida, embora com um pico de força ligeiramente superior à amostra incolor da marca Erkodent (3155,809N para 3602,555N) não parece ter um efeito pejorativo na função de proteção, apresentando um valor semelhante no tempo de médio de duração da força. A dureza mostrou-se também semelhante, ligeiramente abaixo até da dureza da placa incolor do mesmo fabricante, assim como nos testes de tração,

em que o esforço à tração para conseguir a mesma deformação foi semelhante à obtida pela placa incolor.

Embora esta investigação nos permita concluir dados importantes, temos de ter em atenção outros fatores que nesta investigação não foram controlados tal como o controlo da espessura final de um protetor bucal depois de termomoldado⁽²⁷⁾, devido à deformação das lâminas termoplásticas durante o processo de termomoldagem, já que não é possível garantir uma espessura uniforme por todo o protetor bucal com maior relevo a nível das cúspides⁽²⁶⁾. Para além disso, diferentes objetos com diferentes características têm influências diferentes na força de impacto e na força absorvida pelo protetor bucal^(4, 5). Não obstante, a impossibilidade de controlar fatores biológicos e de executar estudos *in vivo* devem também ser levadas em conta na extrapolação para a realidade clínica.

Estudos futuros mais detalhados sobre o tema podem ajudar a desvendar melhorias no design e confeção dos protetores bucais.

CAPÍTULO V

CONCLUSÃO

5. CONCLUSÃO

Há uma melhoria bastante visível na absorção de impacto na fórmula 4+2mm quando comparada com a de 4mm. Este estudo conclui que essa será a espessura ideal.

Verificou-se que a marca comercial Dentaflux® apresentou resultados menos positivos em termos de absorção de impacto. Pelo contrário a marca comercial Erkodent® mostrou ser a melhor das testadas. Embora ligeiramente inferior, a marca Ximpact® mostrou ser uma excelente alternativa à marca Erkodent®.

O incremento de uma camada dura intermédia poderá não ser vantajoso em termos de proteção, podendo não se justificar a sua inclusão na relação benefício/conforto do atleta.

A cor não parece ter um efeito negativo na função de proteção nem nas propriedades mecânicas do protetor bucal, dada a ausência de resultados significativamente diferentes em relação à amostra de mesma espessura e da mesma marca.

O desenvolvimento de novos materiais, com espessuras mais finas que confirmem os mesmos ou melhores resultados que o EVA, deve ser encorajado e implementado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Glendor U. Aetiology and risk factors related to traumatic dental injuries--a review of the literature. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2009;25(1):19-31. Epub 2009/02/12. doi: 10.1111/j.1600-9657.2008.00694.x. PubMed PMID: 19208007.
2. Moreira A. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROTETORES BUCAIS NUMA EQUIPA PROFISSIONAL DE BASQUETEBOL – FUTEBOL CLUBE DO PORTO [Dissertação]: Universidade do Porto; 2017.
3. Clemente MC, Silva A, Sousa A, Gabriel J, Pinho J, editors. SPORTS-RELATED ORO-FACIAL INJURIES: WHICH KIND OF MOUTHGUARD WILL BE THE MOST SUITABLE TO PLAY SAFE? ISBS-Conference Proceedings Archive; 2011.
4. Grewal N, Kumari F, Tiwari U. Comparative evaluation of shock absorption ability of custom-fit mouthguards with new-generation polyolefin self-adapting mouthguards in three different maxillary anterior teeth alignments using Fiber Bragg Grating (FBG) sensors. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2015;31(4):294-301. Epub 2014/11/27. doi: 10.1111/edt.12151. PubMed PMID: 25425316.
5. Takeda T, Ishigami K, Shintaro K, Nakajima K, Shimada A, Regner CW. The influence of impact object characteristics on impact force and force absorption by mouthguard material. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2004;20(1):12-20. Epub 2004/03/05. doi: 10.1111/j.1600-4469.2004.00210.x. PubMed PMID: 14998410.
6. Verissimo C, Costa PV, Santos-Filho PC, Fernandes-Neto AJ, Tantbirojn D, Versluis A, et al. Evaluation of a dentoalveolar model for testing mouthguards: stress and strain analyses. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2016;32(1):4-13. Epub 2015/07/04. doi: 10.1111/edt.12197. PubMed PMID: 26139006.
7. Hoffmann J, Alfter G, Rudolph NK, Goz G. Experimental comparative study of various mouthguards. *Endodontics & dental traumatology*. 1999;15(4):157-63. Epub 2000/05/18. PubMed PMID: 10815564.
8. PATRICK D, NOORT RVAN, FOUND MS. THE USE OF MULTI-LAYERED STRUCTURES FOR SPORTS MOUTHGUARDS: Society of Manufacturing Engineers; 2000.
9. Reza F, Churei H, Takahashi H, Iwasaki N, Ueno T. Flexural impact force absorption of mouthguard materials using film sensor system. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2014;30(3):193-7. Epub 2013/10/10. doi: 10.1111/edt.12068. PubMed PMID: 24102720.
10. Patrick DG, van Noort R, Found MS. Scale of protection and the various types of sports mouthguard. *British journal of sports medicine*. 2005;39(5):278-81. Epub 2005/04/26. doi: 10.1136/bjsm.2004.012658. PubMed PMID: 15849291; PubMed Central PMCID: PMC1725211.
11. Knapik JJ, Marshall SW, Lee RB, Darakjy SS, Jones SB, Mitchener TA, et al. Mouthguards in sport activities : history, physical properties and injury

- prevention effectiveness. *Sports medicine* (Auckland, NZ). 2007;37(2):117-44. Epub 2007/01/24. PubMed PMID: 17241103.
12. Gawlak D, Manka-Malara K, Mierzwinska-Nastalska E, Gieleta R, Kaminski T, Luniewska M. A comparison of impact force reduction by polymer materials used for mouthguard fabrication. *Acta of bioengineering and biomechanics*. 2017;19(1):89-95. Epub 2017/05/30. PubMed PMID: 28552930.
13. Craig RG, Godwin WC. Properties of athletic mouth protectors and materials. *Journal of oral rehabilitation*. 2002;29(2):146-50. Epub 2002/02/22. PubMed PMID: 11856393.
14. Auroy P, Duchatelard P, Zmantar NE, Hennequin M. Hardness and shock absorption of silicone rubber for mouth guards. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1996;75(4):463-71. Epub 1996/04/01. PubMed PMID: 8642539.
15. Caniço S. Confeção de diferentes protetores bucais para atletas profissionais de Andebol e respetiva avaliação [Dissertação]: Universidade do Porto; 2016.
16. de Wet FA, Heyns M, Pretorius J. Shock absorption potential of different mouth guard materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1999;82(3):301-6. Epub 1999/09/09. PubMed PMID: 10479256.
17. Farrington T, Onambele-Pearson G, Taylor RL, Earl P, Winwood K. A review of facial protective equipment use in sport and the impact on injury incidence. *The British journal of oral & maxillofacial surgery*. 2012;50(3):233-8. Epub 2011/02/08. doi: 10.1016/j.bjoms.2010.11.020. PubMed PMID: 21295384.
18. Westerman B, Stringfellow PM, Eccleston JA. Forces transmitted through EVA mouthguard materials of different types and thickness. *Australian dental journal*. 1995;40(6):389-91. Epub 1995/12/01. PubMed PMID: 8615745.
19. Del Rossi G, Lisman P, Signorile J. Fabricating a better mouthguard. Part II: the effect of color on adaptation and fit. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2008;24(2):197-200. Epub 2008/03/21. doi: 10.1111/j.1600-9657.2007.00570.x. PubMed PMID: 18352924.
20. Gould TE, Piland SG, Shin J, Hoyle CE, Nazarenko S. Characterization of mouthguard materials: physical and mechanical properties of commercialized products. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2009;25(6):771-80. Epub 2009/02/07. doi: 10.1016/j.dental.2008.12.005. PubMed PMID: 19195697.
21. Mendel DA, Ucar Y, Brantley WA, Rashid RG, Harrell SL, Grentzer TH. Impact energy absorption of three mouthguard materials in an aqueous environment. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2009;25(1):130-5. Epub 2009/02/12. doi: 10.1111/j.1600-9657.2008.00751.x. PubMed PMID: 19208026.
22. Fukasawa S, Churei H, Chowdhury RU, Shirako T, Shahrin S, Shrestha A, et al. Difference among shock-absorbing capabilities of mouthguard materials. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2016;32(6):474-9. Epub 2016/04/30. doi: 10.1111/edt.12275. PubMed PMID: 27126657.
23. Gialain IO, Coto NP, Driemeier L, Noritomi PY, Dias RB. A three-dimensional finite element analysis of the sports mouthguard. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental*

- Traumatology. 2016;32(5):409-15. Epub 2016/03/08. doi: 10.1111/edt.12265. PubMed PMID: 26948056.
24. Kataoka SH, Setzer FC, Gondim E, Jr., Caldeira CL. Impact absorption and force dissipation of protective mouth guards with or without titanium reinforcement. *Journal of the American Dental Association* (1939). 2014;145(9):956-9. Epub 2014/08/30. doi: 10.14219/jada.2014.54. PubMed PMID: 25170003.
 25. Ozawa T, Takeda T, Ishigami K, Narimatsu K, Hasegawa K, Nakajima K, et al. Shock absorption ability of mouthguard against forceful, traumatic mandibular closure. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2014;30(3):204-10. Epub 2013/09/04. doi: 10.1111/edt.12063. PubMed PMID: 23998278.
 26. Takahashi M, Koide K, Mizuhashi F. Influence of color difference of mouthguard sheet on thickness after forming. *Journal of prosthodontic research*. 2012;56(3):194-203. Epub 2012/03/20. doi: 10.1016/j.jprior.2011.11.002. PubMed PMID: 22424870.
 27. Westerman B, Stringfellow PM, Eccleston JA. EVA mouthguards: how thick should they be? *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2002;18(1):24-7. Epub 2002/02/14. PubMed PMID: 11841462.
 28. Almeida MH, Ceschim GV, Iorio N, Povia HCC, Cajazeira MRR, Guimaraes GS, et al. Influence of thickness, color, and polishing process of ethylene-vinyl-acetate sheets on surface roughness and microorganism adhesion. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2018;34(1):51-7. Epub 2017/09/30. doi: 10.1111/edt.12374. PubMed PMID: 28960848.
 29. Takeda T, Ishigami K, Kawamura S, Nakajima K, Shimada A, Sumii T, et al. Adhesive strength and its improvement referring to the laminated-type mouthguard. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2006;22(4):205-14. Epub 2006/07/29. doi: 10.1111/j.1600-9657.2006.00427.x. PubMed PMID: 16872390.
 30. Park JB, Shaull KL, Overton B, Donly KJ. Improving mouth guards. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1994;72(4):373-80. Epub 1994/10/01. PubMed PMID: 7990042.
 31. Farrington T, Coward T, Onambele-Pearson G, Taylor RL, Earl P, Winwood K. An investigation into the relationship between thickness variations and manufacturing techniques of mouthguards. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2016;32(1):14-21. Epub 2015/06/23. doi: 10.1111/edt.12192. PubMed PMID: 26095259.

ANEXOS

**PARECER DO ORIENTADOR PARA ENTREGA DEFINITIVA DO TRABALHO
FINAL DE MONOGRAFIA DE INVESTIGAÇÃO**

Eu, Mário Ramalho de Vasconcelos, Professor Associado com Agregação da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, informo que o Trabalho de Monografia desenvolvido pelo Estudante Helder Rafael Alves Pimenta com o título: “Qual a espessura ideal de acetato-vinilo de etileno para a confeção de protetores bucais? – Ensaio de testes mecânicos” está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra-se em condições de ser apresentado em provas públicas.

05/07/2018

O Orientador,

Mário Ramalho de Vasconcelos

(Professor Associado com Agregação da FMDUP)



DECLARAÇÃO

Monografia de Investigação

Declaro que o presente trabalho, com o título “Qual a espessura ideal de acetato-vinilo de etileno para a confeção de protetores bucais? – Ensaio de testes mecânicos”, no âmbito da Monografia de Investigação, integrado no MIMD, da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

05/07/2018

O Investigador,

(Helder Rafael Alves Pimenta)